ISSN [e] 2244-8888

Pittieria
43
ENERO-DICIEMBRE 2019 *págs. 44-59*

# ANATOMÍA DE LA MADERA Y SUS APLICACIONES TAXONÓMICAS EN VENEZUELA

## WOOD ANATOMY AND ITS TAXONOMIC APPLICATIONS IN VENEZUELA

*por*

MANUEL MORA M.[1] y WILLIAMS J. LEÓN H.[2]

[1] Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Laboratorio de Dendrología. Mérida, Venezuela.
[2] Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Laboratorio de Anatomía de Maderas. Mérida, Venezuela. wleon@ula.ve

**RECIBIDO:** MAYO 14 DE 2019 / **ACEPTADO:** OCTUBRE 14 DE 2019

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es conocer las aplicaciones que tiene la anatomía de la madera en el área de la taxonomía y su utilidad dentro de este campo de investigación. Se presenta un recorrido histórico de los sistemas de clasificación y los aportes de los caracteres del xilema secundario en algunos de esos sistemas. Se hace un compendio histórico de los estudios y aplicaciones de la anatomía de maderas en Venezuela desde los trabajos de Williams (1939) y Corothie (1948) hasta el presente. Aún cuando en Venezuela los estudios de anatomía de maderas han abarcado campos de dendrocronología, ecoanatomía xilemática y tecnología de la madera, el presente artículo hace énfasis en su aplicación taxonómica, entre las cuales se incluye conservación o restauración de patrimonio cultural y protección de especies en veda.

**PALABRAS CLAVE:** Anatomía, claves de identificación, identificación, madera, taxonomía.

## ABSTRACT

This paper deals about wood anatomy applications in plant taxonomy and its utility in this field of research. A historic review in classification systems is presented, including aspects about utilization of wood features in some classification systems. Also, a historic review of wood anatomy studies in Venezuela is presented, from the investigations of Williams (1939) and Corothie (1948) until today. Although wood anatomy investigations in Venezuela are oriented to differents fields like dendrochronology, wood ecoanatomy and relation with wood technology, in this paper we did emphasis in the relation between wood anatomy and plant taxonomy and its diverses applications, including conservation or restoration of cultural heritage and protection of forbidden forest species.

**KEY WORDS:** Anatomy, identification keys, identification, wood, taxonomy.

## INTRODUCCIÓN

La madera es un material orgánico natural de origen vegetal y en las plantas cumple funciones de sostén, transporte y almacenamiento; pero para el ser humano cumple un sinfín de funciones que pueden ir desde la manufactura de una hoja de papel hasta la construcción de una vivienda. Cada especie maderable tiene características que muchas veces permiten diferenciarlas unas de otras. Estas características son importantes para su identificación, especialmente cuando no se dispone de muestras botánicas con hojas, flores o frutos. La labor de identificación de plantas leñosas en base a características del xilema es una de las principales aplicaciones de la anatomía de la madera y se puede hablar de una relación entre anatomía de maderas y taxonomía vegetal.

La taxonomía vegetal tiene su punto de partida cuando Aristóteles (348-322 a.C.) recopila información de especies de diferentes procedencias y realiza la primera clasificación botánica de la historia separando dos grandes grupos: plantas con flores y plantas sin flores. Por otra parte, en el campo de la anatomía vegetal, uno de los primeros registros es el presentado por Teofrasto (372-287 a.C.), en la obra *Historia Plantarum*, donde compara tejidos animales y vegetales distinguiendo en los vegetales "fibras, venas y carne" refiriéndose a fibras para representar los elementos de conducción, carne como sinónimo del tejido parenquimático y venas para los conductos resiníferos, tubos laticíferos y taniníferos. También incluye el primer esfuerzo sistemático de clasificar las plantas estudiando 480 especies las cuales dividió en árboles, arbustos, subarbustos y hierbas. Posteriormente, Dioscórides (40-90 d.C.), Caesalpinus (siglo XVI), Bauhin (1623), Tornefort (1700), Ray (1703), Linneo (1753), Adanson (1763-1764) y Endlicher (1836-1840) ofrecieron otros aportes con la descripción y clasificación de especies. Sin embargo, en estos pasos iniciales no tomaron en consideración aspectos relacionados con las características de la madera en el caso de plantas leñosas (García *et al.* 2003). A.P. de Candolle (1818) es el primero en introducir caracteres xilemáticos en sistemas de clasificación al utilizar la presencia o ausencia de vasos como criterio de clasificación. Engler y Prantl en su obra *Las familias naturales de la planta*, publicado entre 1889 y 1897, incluyen detalles anatómicos. Vesque y Van Tieghem, en Francia, también tomaron en consideración rasgos microscópicos en sus esfuerzos taxonómicos, aunque siguieron desconfiando de los caracteres anatómicos de la madera y prefirieron características anatómicas de la hoja como el tipo estomático y la vascularización del pecíolo y la nervadura central. Solereder hizo hincapié en la limitación, así como en la presunción del método anatómico, y señaló la necesidad de establecer caracteres anatómicos para cada especie, género y familia y distinguió dos categorías de caracteres: los filéticos, por un lado, y los fisiológicos y biológicos, por el otro. Los primeros son independientes de las condiciones ecológicas y fueron adquiridos con el paso del tiempo y tienen el mayor valor taxonómico (Baas 1982). Los fisiológicos y biológicos fueron adquiridos como adaptaciones al clima y el hábitat, a los requerimientos mecánicos y las demandas especiales impuestas por el hábito de crecimiento. El valor taxonómico de estos caracteres se limita principalmente al nivel de especie (García *et al.* 2003).

En el siglo XIX empieza a tener relevancia científica la identificación con madera y puede considerarse a Hartig y Sanio como los verdaderos precursores en el estudio del xilema de vegetales leñosos (García *et al.* 2002). Hartig, en

1859, agrupó numerosos géneros con base a las características de la madera y afirmó que la anatomía podría reemplazar los sistemas de clasificación basados en los caracteres tradicionalmente utilizados. Por su parte, Sanio en 1863, estudió cerca de 150 géneros y llegó a una conclusión más balanceada al indicar que los caracteres de la madera tienen un valor sistemático relativo, al igual que el resto de los caracteres morfológicos. Esta opinión tuvo como fundamento la observación de patrones de variación de algunas características en taxas relacionados tales como especies de un mismo género o géneros pertenecientes a una misma familia (Baas 1982). Los trabajos de Sanio fueron el punto de partida para la realización de estudios de variabilidad de la madera, tanto en sentido longitudinal como transversal, al establecer el patrón de variación de la longitud de traqueidas en tallo principal, ramas y raíces de Pinus sylvestris en 1872 (Wilson & White 1987).

En el siglo XX, con la aparición de la tecnología y la transformación industrial de la madera, se generan nuevos enfoques de investigación, desarrollándose la anatomía sistemática como una herramienta de identificación de especies. A medida que avanzan los estudios microscópicos se van creando claves de identificación, entre las cuales destacan la presentada por E.H.F. Swain (1927) donde incluye características anatómicas además de caracteres como color, olor, peso, dureza; se puede considerar como la primera clave que contiene descripciones cifradas. Bianchi (1931) establece el método de tarjetas perforadoras donde cada tarjeta contiene especies con características seleccionadas. Esta nueva metodología tiene gran aceptación y destaca el aporte de E.W.J. Phillipps (1941) quien utilizó tarjetas perforadas para claves de coníferas. Posteriormente, en 1946, presenta una nueva clave de tarjetas perforadas con un total de 36 características anatómicas macroscópicas y microscópicas. Entre las características utilizadas destacan el color, anillos de crecimiento, transición entre madera temprana y tardía, olor, sabor, características de traqueidas, parénquima, radios, canales resiníferos, densidad y dureza (García *et al.* 2002).

De igual manera, la relación entre anatomía de maderas y taxonomía vegetal ha tenido aplicaciones útiles en otros campos de la ciencia, uno de ellos es la llamada botánica forense o la cual implica a menudo la identificación de pequeños trozos de madera proveniente de distintas piezas como ventanas, puertas, marcos, armas ya que muchas de estas partículas pueden adherirse a la ropa o calzado que se relacionan con la escena de un crimen y por lo tanto desempeñan un papel importante en el trabajo policial. El primer caso legal que se conoce en el que la información botánica fue admitida como evidencia clave para la resolución de un crimen fue el secuestro y asesinato del hijo de Charles Lindbergh y Anne Morrow en 1935. La evidencia que finalmente permitió incriminar al principal sospechoso fue una escalera de madera dejada en la casa de la familia Lindbergh. Un experto en anatomía de maderas logró identificar cuatro especies de árboles usados en la construcción de la escalera y detectó una correspondencia exacta entre marcas presentes en la madera y marcas encontradas en tablones en posesión del sospechoso y se concluyó que los nudos y anillos de los tablones, el patrón de agujeros, clavos y las marcas de corte, concordaban con la madera y el equipo de carpintería encontrados en la vivienda del procesado (Nassar, s/f). Hoadley (1990) reporta algunos casos donde la anatomía de maderas ha sido herramienta clave en las respuestas a diferentes crímenes.



FIGURA 1. Xiloteca MERw.

También se ha utilizado en la arqueología ya que la madera y el carbón vegetal son materiales resistente a través del tiempo y se conservan por muchos años. Se puede afirmar que la madera encontrada en sitios de antigüedad puede dar referencias de los tipos de construcciones que realizaban, las especies que utilizaban y proporciona información bastante útil para aquellos que trabajan en una ciencia que ha recibido el nombre de Dendrocronología o arqueobotánica (Cutler 1978).

En general, la anatomía de maderas puede convertirse en una herramienta de gran utilidad en diferentes áreas de investigación y en la solución de problemas de índole cotidiano, suministrando valiosa información que puede ayudar a dar respuesta a incógnitas que surgen en diferentes áreas de la ciencia.

En el presente trabajo se darán a conocer algunas de las aplicaciones que tiene la anatomía de madera en diferentes campos de investigación donde la taxonomía juega un papel importante, haciendo especial énfasis en sus aplicaciones en Venezuela desde los inicios de los estudios de anatomía de maderas en el país hasta el presente.

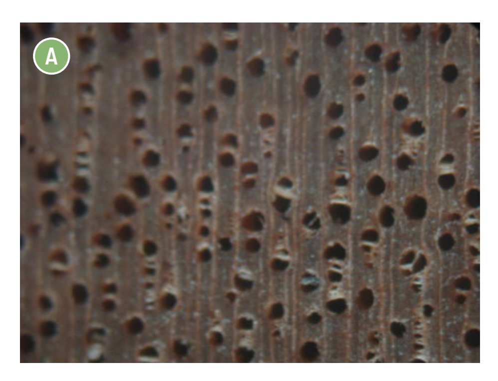
## ANATOMÍA Y TAXONOMÍA

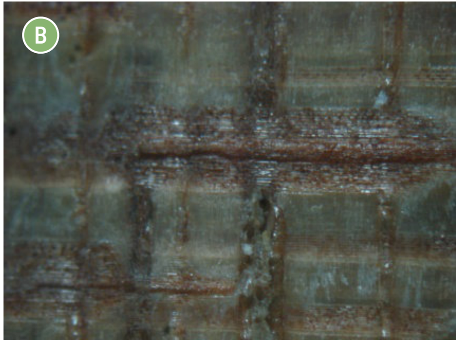
Dentro del campo de la taxonomía es donde la anatomía de la madera ha enfocado sus principales esfuerzos. Wheeler & Baas (1998) indican que la importancia de la anatomía de maderas, como herramienta taxonómica, ha prestado aportes valiosos en diversas necesidades como en la protección de especies o en las diferentes fases del procesamiento adecuado de la madera, especialmente el secado, donde se exige la correcta identificación ya que diferentes especies o grupos de especies requieren de protocolos particulares para su correcto secado.

El paso inicial para la aplicación de una relación anatomía xilemática-taxonomía es la correcta descripción de grupos taxonómicos y dicha descripción debe realizarse con el uso de normas estandarizadas que permitan la fácil comparación con otras descripciones hechas bajo el mismo criterio. En este sentido, existen referencias obligadas en el campo de la anatomía xilemática y taxonomía: Record & Hess (1943), Metcalfe & Chalk (1950), Greguss (1955), Kribs (1968), Nardi & Edlmann (1982), Mainieri & Peres (1989), Miller & Détienne (2000), García et al. (2002), entre otros.

## NIVELES DE IDENTIFICACIÓN

Los estudios de anatomía de maderas varían en función del tipo de instrumento y observación que se utiliza en la misma: pueden realizarse observaciones a simple vista o con la ayuda de una lupa de mano (10-20X) (FIGURA 2) o con el uso de un microscopio óptico que permita tener mayores aumentos y una mayor capacidad de observación (FIGURA 3). En el primer caso se habla de nivel macroscópico mientras que el segundo corresponde al nivel de observación microscópico. Según León (2002), la identificación



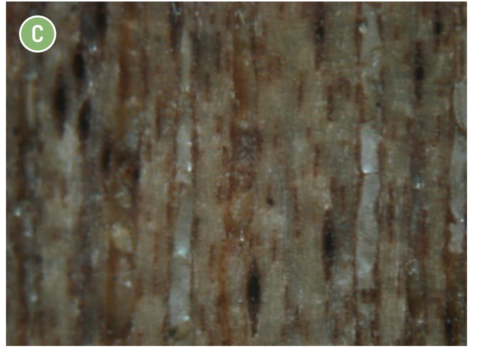
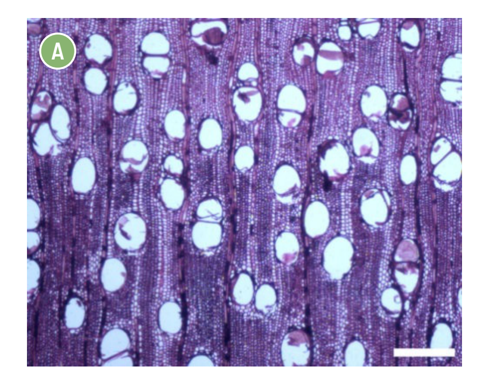
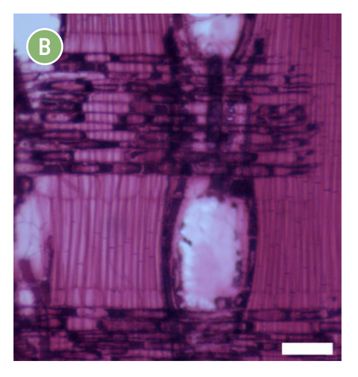




FIGURA 2. Nivel macroscópico de observación. Loxopterygium sagotii (A) Plano transversal. (B) Plano radial. (C) Plano tangencial..



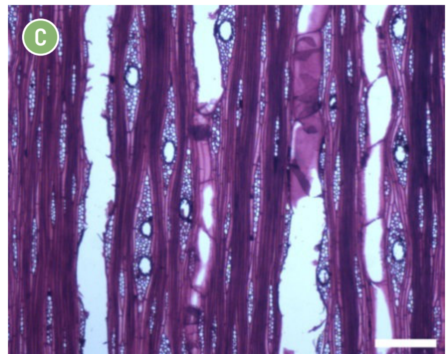




FIGURA 3. Nivel microscópico de observación. *Loxopterygium sagotii* (A) Plano transversal (Barra = 300 µm). (B) Plano radial (Barra = 100 µm). (C) Plano tangencial (Barra = 300 µm).

macroscópica aún cuando no garantiza la misma precisión que la realizada mediante observaciones microscópicas, presenta la ventaja de no requerir de herramientas o equipos muy sofisticados para su realización y, además, es de bajo costo. Sin embargo, comúnmente es necesario recurrir a estudios microscópicos para poder alcanzar mayor precisión en la identificación.

## LA ANATOMÍA DE MADERAS EN LOS SIGLOS XX Y XXI

La necesidad de establecer una estandarización o normalización para las descripciones de maderas ha implicado grandes esfuerzos cuyo objetivo es la elaboración de listas o formatos de descripción que, luego de revisiones y modificaciones, se ha materializado con las listas de descripción vigentes en la actualidad para maderas de latifoliadas (IAWA Committee 1989) y coníferas (IAWA Committee 2004). La estandarización de las descripciones ha permitido que se puedan hacer comparaciones entre diferentes trabajos de investigación realizados en cualquier localidad geográfica y ha fomentado el incremento de investigaciones en el campo de la anatomía de maderas.

La diversificación en las aplicaciones de anatomía de maderas y las relaciones anatomía-taxonomía ha dejado aportes valiosos que no sólo se reflejan en la publicación continua de trabajos que permiten la identificación de especies sino que también ha servido de base para el incremento de investigaciones donde la anatomía xilemática se relaciona con aspectos ecológicos y el punto de partida en este campo

de investigación es la publicación de Baas (1973) donde estudia la influencia de cambios de latitud y altitud en diferentes especies del género Ilex. En el campo de la filogenia, Kribs (1935,1937) y Metcalfe & Chalk (1983) establecen pautas importantes para desarrollar esta línea de investigación. Hoadley (1990) presenta un resumen de los aportes que puede hacer la anatomía en relación con la tecnología de la madera (propiedades físico-mecánicas, procesamiento, utilización), dendrocronología, conservación de patrimonio cultural, protección de bosques y variabilidad de la madera, entre otros. La publicación de trabajos como *Anatomy of dycotiledons* (Metcalfe & Chalk 1950) representa un avance significativo al incluir descripciones anatómicas para las diferentes familias del reino vegetal. También destaca la obra *Identification of living gymnosperms on the basis of xylotomy* (Greguss 1955) la cual, según García *et al*. (2002, 2003), es considerada como la más completa a nivel de especies en el campo de la anatomía de maderas y donde se incluyen claves a nivel de familia, género y especies. Kribs (1968), en *Commercial foreign woods on the american market* también deja una obra que se convierte en referencia obligada en los estudios de anatomía de maderas. Por su parte, IAWA Committee se consolida como la principal guía para la realización de estudios anatómicos xilemáticos con obras como el *Multilingual glossary of terms used in wood anatomy* (1964) el cual incluye definiciones precisas en siete idiomas: inglés, francés, alemán, italiano, portugués, español y croata. El mayor aporte de IAWA Committee se consolida al fijar las pautas o normas para la descripción de maderas del grupo de latioliadas (IAWA Committee 1989) y coníferas (IAWA Committee 2004).

En la segunda mitad del siglo XX y lo que ha transcurrido del siglo XXI, la anatomía de maderas ha ampliado su campo de acción y de su principal aplicación con fines taxonómicos, ha pasado a desempeñar un papel importante en el campo de la ecología, fisiología, procesamiento- utilización de la madera, dendrocronología, paleontología, ciencias forenses o conservación de patrimonio cultural. Sin embargo, su aporte dentro del campo taxonómico continua vigente y muchas de las aplicaciones mencionadas tienen como fundamento la relación anatomía-taxonomía.

## LA ANATOMÍA DE MADERAS EN VENEZUELA

Los trabajos pioneros de anatomía de maderas en Venezuela son los realizados por Williams (1939) y Corothie (1948) quienes presentan descripciones macroscópicas a nivel de especies (Williams 1939) y géneros (Corothie 1948). Este último incluye una clave para determinación genérica. Sin embargo, el desarrollo de esta disciplina en el país está relacionado directamente con la creación de la Escuela de Ingeniería Forestal de la Universidad de Los Andes (Mérida) y su laboratorio de anatomía de maderas y la xiloteca MERw (FIGURA 1), la cual comienza a funcionar como tal en el año 1959; aunque Pérez (1988) señala que su origen es casi paralelo a la fundación de la Escuela de Ingeniería Forestal de la Universidad de Los Andes, en 1948, pero es a partir de 1958 que la xiloteca MERw adquiere forma institucional bajo la dirección del Prof. Harry Corothie. En 1959 se inicia la incorporación de muestras y la primera en ingresar a la xiloteca corresponde a la especie *Miconia jahnii* Pittier (colectada en 1953 por Ebert Little) asignándosele el código X1. Hasta el año 2009, la colección había ascendido a más

de 20.000 muestras correspondientes a 6.061 individuos de 156 familias (León 2009). Para el 2019, las muestras en la xiloteca MERw corresponden a material de un total de 7.200 individuos (árboles, arbustos, líanas y algunas monocotiledóneas) Es importante indicar que como institución científica dedicada a la colección y estudio de la madera, aparece en el *Index Xylariorum* (Stern 1988) donde se indica como fecha de fundación el año 1952.

Adicionalmente, el nacimiento de publicaciones como la *Revista Forestal Venezolana* en 1958 y *Pittieria* en 1967, han jugado un papel importante en la difusión de los trabajos de investigación realizados en el campo de la anatomía de maderas en el país. Los trabajos pioneros en este aspecto son realizados por Seelkopf *et al.* (1958) en un estudio de especies nativas promisorias para la industria de pulpa y papel donde se incluyen descripciones completas de *Bursera simaruba* (L.) Sarg., *Cecropia riparia* Warh., *Cecropia* sp., *Solanum* sp., *Ochroma lagopus* Sw. y *Pourouma guianensis* Aubl. Por otra parte, Bascopé (1962) utiliza la metodología desarrollada por el *Forest Products Research Laborator*y (1936) para elaborar una clave de identificación macroscópica de maderas con tarjetas perforadas. León (2009) indica que el material que forma parte de la colección de la xiloteca MERw ha servido de base para la realización de investigaciones que se iniciaron en 1960-1961, con la publicación de los trabajos *Anatomía de la madera de seis géneros de las Anacardiaceas* (Corothie 1960), *Anatomía de la madera de dos géneros de Acanthaceas* (Corothie 1961a) y *Anatomía de la madera del género Achatocarpus* (Achatocarpaceae) (Corothie 1961b) en la entonces naciente *Revista Forestal Venezolana*. A partir de los trabajos pioneros de Corothie, investigadores como Juan José Mora, Alirio Pérez Mogollón, Narcisana Espinoza de Pernía, Helga Lindorf, Williams León H., José L. Melandri P., Jorge Parra, Osmary Araque, John Parra, Luis Gámez, Yorgana Yahure, Nathalia Barrios, Lysaida Rojas, Jacqueline Ortiz, entre otros, han continuado trabajando y el producto de dicho esfuerzo ha tenido como resultado más de 150 artículos científicos que se han publicado en revistas de comprobado prestigio como son la *Revista Forestal Venezolana, Pittieria, Acta Botánica Venezuelica, Boletín del Instituto Forestal Latinoamericano, Revista Ernstia, Acta Científica Venezolana, Revista Plántula, IAWA Journal, Revista de la Facultad de Agronomía de La Plata, Colombia Forestal, Caldasia*. Estos artículos han abarcado diferentes campos de aplicación de la anatomía de la madera, desde su valor como herramienta taxonómica, con la elaboración de claves de identificación, hasta lo relacionado con ecoanatomía xilemática, conservación de patrimonio cultural, dendrocronología y la relación con propiedades físicas, mecánicas, procesamiento y utilización de maderas.

## ANATOMÍA DE MADERAS Y TAXONOMÍA EN VENEZUELA

El desarrollo de la Anatomía de Maderas en Venezuela se ha centrado, principalmente, en las investigaciones realizadas en el laboratorio de Anatomía de Maderas de la Universidad de Los Andes. Tras los trabajos pioneros realizados por Williams (1939) y Corothie (1948), se inician una serie de investigaciones con aplicación taxonómica y uno de los primeros es el presentado por Bascopé (1962) quien elaboró una clave de identificación, basada en caracteres macroscópicos, para maderas de Latinoamérica. Posteriormente, Corothie (1967) desarrolla una clave para la identificación de 47

especies de la Guayana venezolana donde incluye descripciones completas, tanto macroscópicas como microscópicas, para cada especie y la clave se fundamenta en caracteres microscópicos. Pérez (1969, 1973) mantiene continuidad en esa línea de investigación desarrollando una clave para diferenciar 37 especies de la Guayana venezolana. Posteriormente, Pérez (1977) desarrolla una clave macroscópica basado en los criterios de Forest Products Research Laboratory. Con la realización del trabajo de clave para identificación macroscópica de maderas a nivel de familia, Pérez (1981) presenta una serie de tarjetas perforadas como herramienta de identificación, lo cual contrasta con los trabajos previos que, fundamentalmente, desarrollaron claves dicotómicas. Por otra parte, Espinoza de P. (1987) presenta un trabajo de gran relevancia para la diferenciación de especies de los géneros *Cedrela* y *Toona* (Meliaceae) en función de la estructura de la madera. A nivel de familias se han desarrollado diferentes trabajos en donde se utiliza la anatomía de maderas como herramienta de identificación, elaborando claves para Anacardiaceae (Omaña 1984; León 2003a), Annonaceae (León 2003b; 2007), Bignoniaceae (Araque *et al.*, 2007; León, 2007a; Yahure 2014), Bombacaceae (Angarita 1981), Burseraceae (Omaña 1984; León 2012), Combretaceae (Pérez 1986), Euphroniaceae (Espinoza de P. 1989), Lauraceae (León 2017), Lecythidaceae (León 2008), Malpighiaceae (León 2006), Malvaceae (Rojas & León 2019), Moraceae (León 2015), Polygonaceae (León 2009a), Rubiaceae (Leon 2011), Sapindaceae (León 2010) y Vochysiaceae (Guzmán 1979). También hay importantes aportes para subfamilias de la Euphorbiaceae como la Acalyphoideae (Chavarri & León 2005), Euphorbioideae (León & Chavarri 2006) y Phyllanthoideae (Chavarri & León 2006). En el caso de la Fabaceae, hay trabajos para las subfamilias Caesalpinoideae (Espinoza de P. & Melandri 2006), Mimosoideae (Espinoza de P. & Melandri 1999-2000; León 2008a) y Papilionoideae (Espinoza de P. & León 2002; 2003). A nivel genérico se han presentado claves para *Aniba* (Lauraceae) (León & Espinoza de P. 2000a), *Aspidosperma* (Apocynaceae) (León 2011a), *Beilschmiedia* (Lauraceae) (León & Espinoza de P. 2000b), *Brosimum* (Moraceae) (León 2005), *Ficus* (Moraceae) (Parra 2014), *Guatteria* (Annonaceae) (León 2003c), *Nectandra* (Lauraceae) (León & Espinoza de P. 2001), *Ocotea* (Lauraceae) (León 2000), *Piper* (Piperaceae) (Espinoza de P. & León 1995), *Pouteria* (Sapotaceae) (León 2009c), *Qualea* y *Ruizterania* (Vochysiaceae) (León 2003d), *Terminalia* (Combretaceae) (León 2007b), Trichilia (Meliaceae) (León 2012a), *Vitex* (Verbenaceae) (León 2011b), *Vochysia* (Vochysiaceae) (León 2005a). Tampoco se deben dejar de mencionar algunos trabajos a nivel de orden como Sapindales (León 2006a; 2013) y Laurales (Parra 2009).

Con respecto a localidades geográficas; además de las claves de identificación para maderas de la Guayana Venezolana (Corothie 1967; Pérez 1969, 1977), también se han elaborado claves dicotómicas para la zona de La Mucuy, estado Mérida (Pérez 1993) y las reservas forestales de Caparo (León y Espinoza de P. 1995; Parra & Gámez 2012; León 2012b) y Ticoporo (León 2015a). León (2014) también presentó un estudio descriptivo y su respectiva clave de identificación para 108 especies de Venezuela.

## ALGUNAS APLICACIONES EN VENEZUELA DE LA RELACIÓN ANATOMÍA DE MADERAS Y TAXONOMÍA EN OTROS CAMPOS DE INVESTIGACIÓN

La relación entre anatomía de maderas y taxonomía vegetal ha tenido aplicaciones útiles en otros campos de la ciencia y se han generado diferentes aportes científicos en otras partes del mundo y en Venezuela. En este último caso, la identificación con maderas ha generado propuestas para la protección de especies en peligro de extinción. Desde este punto de vista, el estado venezolano ha formulado decretos que prohíben el aprovechamiento de algunas especies forestales por considerar que se encuentran en estado crítico de conservación. Sin embargo, a pesar de ser especies protegidas, se siguen extrayendo de los bosques bajo otro nombre para así tratar de pasar por encima del decreto de veda. León (2009b) presentó un trabajo para la identificación de especies decretadas bajo figura de protección (*Anacardium excelsum* (Bert. & Balb. ex Kunth) Skeels, *Cedrela odorata* L., *Cordia thaisiana* Agostini, *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S. O. Grose, *Pachira quinata* (Jacq.) W. S. Alverson, *Swietenia macrophylla* King), en base a características macroscópicas y microscópicas de la madera, de manera que se pueda tener una herramienta de fácil aplicación para el control de especies protegidas que se encuentran en áreas susceptibles al aprovechamiento.

La anatomía-taxonomía también ha contribuido en actividades relacionadas con la conservación del patrimonio cultural del país. León & García (2015) mencionan la importancia que tiene la anatomía de maderas en este campo. León (2004, 2008b) identificó la madera de figuras religiosas del siglo XIX que estaban siendo sometidas a procesos de restauración y donde se requería conocer el tipo de madera que se utilizó en su creación para así hacer los correctivos necesarios utilizando material similar al de la pieza original. También existen aportes (León 2015c) sobre la identificación de muestras de maderas utilizadas para piezas que forman parte del Museo Arquidiocesano de Mérida. En el mercadeo o comercialización de maderas se tienen experiencias en el laboratorio de anatomía de maderas de la Universidad de Los Andes donde continuamente se solicitan los servicios de identificación. En el campo del aprovechamiento forestal, la relación anatomía-taxonomía también puede proporcionar valiosos aportes: por una parte, las faenas de extracción de madera son reguladas por el estado otorgando autorizaciones para explotar determinado volumen de algunas especies. Cuando la madera es llevada a los patios de almacenamiento, la única forma de constatar que se ha extraído sólo madera autorizada y en los volúmenes permisados es a través de la identificación basada en características de la madera. La movilización de productos forestales también requiere de la relación anatomía-taxonomía: cada carga de madera debe ir acompañada de una guía de circulación y en la misma va asentada la información correspondientes a la especie y el volumen movilizado y la única manera de constatar en los puntos de control que lo que se lleva en la carga corresponde a lo asentado en la guía es mediante la identificación de la madera.

## CONCLUSIONES

La relación de anatomía de maderas con fines taxonómicos aporta gran información para diferentes campos de la ciencia, especialmente en el campo forestal y ambiental.

Desde el punto de vista de aprovechamiento forestal, la identificación de madera puede garantizar un mayor control en el cumplimiento de los planes de aprovechamiento al servir como herramienta que garantiza que lo explotado coincide con lo autorizado. Igualmente, en la movilización de productos forestales (transporte mayor), la anatomía de maderas ofrece la posibilidad de corroborar, en los puntos de control, que la madera transportada en los vehículos correspondiente coincide con lo indicado en la respectiva guía de circulación.

De igual forma el lograr la protección de especies en peligro de extinción también cuenta con la anatomía de maderas como una herramienta auxiliar para corroborar que no se esté extrayendo árboles de especies decretadas como protegidas, ya que aún cuando el estado formula decretos que prohíben el aprovechamiento, en algunos casos se siguen extrayendo de los bosques bajo otro nombre pasando por encima de las leyes que regulan su aprovechamiento.

La anatomía-taxonomía también podría ayudar a resolver un caso de investigación criminal (botánica forense), con la identificación de piezas de madera que han sido utilizadas para cometer delitos pudiendo desempeñar un papel importante en trabajos policiales y de investigación criminal.

## AGRADECIMIENTOS

A los profesores Harry Corothie†, Narcisana Espinoza de Pernía y Alirio Pérez Mogollón por haber sido los pilares fundamentales en el estudio de anatomía de maderas en Venezuela y la base para que dichos estudios mantengan continuidad a través de las generaciones de relevo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ANGARITA, N. 1981. *Estudio anatómico de algunas especies de la familia Bombacaceae*. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ingeniería Forestal. Mérida, Venezuela. 46 p. (Trabajo de ascenso).

ARAQUE, O., W. LEÓN H. & C. HERNÁNDEZ P. 2007. Anatomía xilemática de lianas de la familia Bignoniaceae en la Reserva Forestal Caparo (Barinas, Venezuela). *Acta Botánica Venezuelica* 30: 191-215.

BAAS, P. 1973. The wood anatomy of Ilex (Aquifoliaceae) and its ecological and phylogenetic significance. *Blumea* 21: 193-258.

BAAS, P. 1982. Systematic, Phylogenetic and Ecological Wood Anatomy: History and Perspectives. In *New Perspectives in Wood Anatomy*. Ed. P. Baas. Martinus Nijhoff Publishers. The Hague, Netherlands.

BASCOPÉ, F. 1962. Clave de identificación macroscópica de algunas maderas dicotiledóneas de Latinoamérica. *Boletín del Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación* 9: 16-103.

COROTHIE, H. 1948. *Maderas de Venezuela*. Ministerio de Agricultura y Cría. Caracas, Venezuela.

COROTHIE, H. 1960. Anatomía de la Madera de seis géneros de las Anacardiaceas. *Revista Forestal Venezolana* 3-4: 9-31.

COROTHIE, H. 1961a. Anatomía de la Madera de dos géneros de las Acanthaceas. *Revista Forestal Venezolana* 5: 7-15.

COROTHIE, H. 1961b. Anatomía de la Madera del género Achatocarpus (Achatocarpaceae). *Revista Forestal Venezolana* 5: 17-19.

COROTHIE, H. 1967. *Estructura anatómica de 47 maderas de la Guayana venezolana y clave para su identificación*. Universidad de Los Andes. Laboratorio Nacional de Productos Forestales. Mérida, Venezuela. 125 p.

CHAVARRI, B. & W. LEÓN H. 2006. Anatomía Xilemática de Ocho Especies de la Subfamilia Phyllanthoideae (Euphorbiaceae) En Venezuela. *Revista Plántula* 4: 39-48.

CHAVARRI, B. & W. LEÓN H. 2005. Estudio Anatómico del Xilema Secundario en Siete Especies de la Subfamilia Acalyphoideae (Euphorbiaceae) en Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica* 28: 233-256.

CUTLER, D. 1978. *Applied plant anatomy*. Londres: Longman. group, Limited.

ESPINOZA DE P., N. 1987. Estudio Xilológico de Algunas Especies de Cedrela y Toona. *Pittieria* 14: 5-32.

ESPINOZA DE P., N. 1989. Estudio Xilológico del género Euphronia. *Pittieria* 18: 57-61.

ESPINOZA DE P., N. & W. LEÓN H. 1995. Estudio anatómico del leño de seis especies del género Piper L. *Pittieria* 23: 5-24.

ESPINOZA DE P., N. & W. LEÓN H. 2002. Estudio Anatómico del Leño de 56 Especies de la Subfamilia Papilionoideae. *Revista Forestal Venezolana* 46: 59-71.

ESPINOZA DE P., N. & W. LEÓN H. 2003. *Estudio Anatómico de 56 Especies de la Subfamilia Papilionoideae (Leguminosae) de Venezuela*. Universidad de Los Andes. Consejo de Publicaciones y Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico. Mérida, Venezuela.

ESPINOZA DE P., N. & J. MELANDRI P. 1999-2000. Estudio anatómico del leño de cinco especies comerciales de la subfamilia Mimosoideae en Venezuela. *Pittieria* 29-30: 75-88

ESPINOZA DE P., N. & J. MELANDRI P. 2006. *Anatomía de la madera de 68 especies de la Subfamilia Caesalpinoideae (Leguminosae) de Venezuela*. Universidad de Los Andes. Consejo de Publicaciones y Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico. Mérida, Venezuela. 191 p.

GARCÍA, L., DE PALACIOS, P., GUINDEO, A., GARCÍA, L., LÁZARO, I., GONZÁLEZ, L., RODRÍGUEZ, Y., GARCÍA, F., BOBADILLA, I. & CAMACHO, A. 2002. *Anatomía e identificación de maderas de coníferas a nivel de especie*. Fundación Conde del Valle de Salazar-Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 421 p.

GARCÍA, L., A. GUINDEO, C. PERAZA & P. DE PALACIOS. 2003. *La madera y su anatomía*. Fundación Conde del Valle de Salazar-Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 327 p.

GREGUSS, P. 1955. *Identification of living gymnosperms on the basis of xylotomy*. Akademiai Kiadó. Budapest. 935 p.

GUZMÁN, Y. 1979. Variación de algunas propiedades físicas, mecánicas y características anatómicas de Pinus caribaea Morelet, proveniente de las plantaciones de Uverito, estado Monagas. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Centro de Estudios Forestales de Postgrado. Mérida, Venezuela.197 p. (Tesis de grado).

HOADLEY, B. 1990. *Identifying wood: Accurate results with simple tools*. The Taunton Press. Newtown, Connecticut.

IAWA COMMITTEE. 1989. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bull.* 10: 220-332.

IAWA Committee. 2004. IAWA list of microscopic features for softwood identification. *IAWA J.* 25: 1-70.

KRIBS, D. 1935. Salient lines of structural specialization in the wood rays of dicotyledons. *Bot. Gaz.* 96: 547-557.

KRIBS, D. 1937. Salient lines of structural specialization in the wood parenchyma of dicotyledons. *Bull. Torrey Bot. Club* 64: 177-186.

KRIBS, D. 1968. *Commercial foreign woods on the american market*. Dover Publications Inc.

LEÓN H., W. 2000. Anatomía del Leño de 17 Especies del Género Ocotea Aublet. *Pittieria* 29/30: 53-65.

LEÓN H., W. 2002. *Anatomía e Identificación Macroscópica de Maderas*. Universidad de Los Andes. Consejo de Publicaciones y Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico. Mérida, Venezuela.

LEÓN H., W. 2003a. Estudio Anatómico del Xilema Secundario de 17 Especies de la Familia Anacardiaceae en Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica* 26: 1-30.

LEÓN H., W. 2003b. Estudio Anatómico del Xilema Caulinar de 7 Especies de la Familia Annonaceae. *Pittieria* 32: 27-36.

LEÓN H., W. 2003c. Anatomía de la Madera de 12 Especies del Género Guatteria Ruíz & Pav. (Annonaceae, Magnoliales). *Revista Forestal Venezolana* 47: 31-41.

LEÓN H., W. 2003d. Anatomía xilemática comparativa de los géneros Qualea y Ruizterania (Vochysiaceae). *Pittieria* 32: 69-81.

LEÓN H., W. 2004. Estudio anatómico de las maderas de una talla policromada. In *Una Inmaculada criolla*. J. L. Delmont (ed.). Fundación Mercantil. Caracas, Venezuela. 36-41.

LEÓN H., W. 2006. Anatomía de la madera de 17 especies de la familia Malpighiaceae Juss. *Acta Científica Venezolana* 57: 49-58.

LEÓN H., W. 2006a. Anatomía de la madera de 13 especies del Orden Sapindales que crecen en el estado Mérida. *Acta Botánica Venezuelica* 29: 269-296.

LEÓN H., W. 2004a. Anatomía de la madera de ocho especies útiles en carpintería y ebanistería. *Revista Forestal Venezolana* 48: 51-61.

LEÓN H., W. 2005. Estudio anatómico de la madera de cinco especies del género Brosimum Sw. (Moraceae) que crecen en Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* 49: 163-173.

LEÓN H., W. 2005a. Estudio anatómico de la madera de 21 especies del género Vochysia Poir. (Vochysiaceae). *Acta Botánica Venezuelica* 28: 213-232.

LEÓN H., W. 2007. Anatomía xilemática de 26 especies de la familia Annonaceae en Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* 51: 165-177.

LEÓN H., W. 2007a. Anatomía del xilema secundario de diez especies de la familia Bignoniaceae de Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica* 30: 361-384.

LEÓN H., W. 2007b. Anatomía de la madera de siete especies del género Terminalia en Venezuela. *Ernstia* 17: 35-53.

LEÓN H., W. 2008. Estudio anatómico de la madera en 17 especies de la familia Lecythidaceae en Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* 52: 213-225.

LEÓN H., W. 2008a. Anatomía de madera en 31 especies de la subfamilia Mimosoideae (Leguminosae) en Venezuela. *Colombia Forestal* 11: 113-135.

LEÓN H., W. 2008b. *Análisis realizados a la "Inmaculada", escultura de madera policromada del siglo XIX, procedente de Venezuela*. II Ciclo de Conferencias sobre Conservación preventiva: Diagnóstico y tratamiento preventivo. Museo de Arte Colonial. Mérida, Venezuela.

LEÓN H., W. 2009. 50 Años de la xiloteca MERw, patrimonio científico de Venezuela (1959-2009). *Pittieria* 33: 111-120.

LEÓN H., W. 2009a. Anatomía de la madera e identificación de 11 especies de Polygonaceae en Venezuela. *Pittieria* 33: 3-28.

LEÓN H., W. 2009b. Anatomía de la madera y clave de identificación para especies forestales vedadas en Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* 53: 51-62.

LEÓN H., W. 2009c. Anatomía del xilema secundario de 14 especies del género Pouteria Aubl. (Sapotaceae) en Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica* 32: 433-452.

LEÓN H. W. 2010. Anatomía de la madera de 18 especies de Sapindaceae en Venezuela. *Ernstia* 20: 107-139.

LEÓN H., W. 2011. Anatomía de la madera de 31 especies de la familia Rubiaceae en Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica* 34: 347-379.

LEÓN H., W. 2011a. Anatomía de la madera de 26 especies del género Aspidosperma Mart. (Apocynaceae). *Acta Botánica Venezuelica* 34: 127-151.

LEÓN H., W. 2011b. Estudio anatómico de la madera de cinco especies del género Vitex L. (Lamiaceae) en Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* 55: 121-129.

LEÓN H., W. 2012. Anatomía de la madera de once especies de la familia Burseraceae en Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* 56: 9-20.

LEÓN H., W. 2012a. Anatomía de 12 especies de Trichilia L. (Meliaceae) que crecen en Venezuela. *Ernstia* 22: 23-36.

LEÓN H., W. 2012b. Anatomía de la madera de 69 especies de la Reserva Forestal Caparo (Barinas, Venezuela). *Revista Forestal Venezolana* 56: 167-195.

LEÓN H., W. 2014. *Anatomía de maderas de 108 especies de Venezuela*. Pittieria. Serie Publicaciones Especiales. PE1. Mérida, Venezuela. 263 p.

LEÓN H., W. 2013. Anatomía de la madera de 27 especies de 27 especies de Sapindales en el estado Barinas (Venezuela). Aspectos Taxonómicos. *Revista Forestal Venezolana* 57: 9-27.

LEÓN H., W. 2015. Anatomía de la madera de 25 especies de la familia Moraceae en Venezuela. *Ernstia* 25: 97-134

LEÓN H., W. 2015a. Anatomía de la madera de 87 especies de la Reserva Forestal Ticoporo (Barinas, Venezuela). *Pittieria* 39: 107-169.

LEÓN H., W. 2015b. Anatomía de la madera de 87 especies de la Reserva Forestal Ticoporo (Barinas, Venezuela). *Pittieria* 39: 107-169.

LEÓN H., W. 2015c. Identificación de maderas utilizadas en figuras religiosas de la colección del Museo Arquidiocesano de Mérida (Venezuela). (Sin publicar)

LEÓN H., W. 2017. Anatomía de la madera de 35 especies de Lauraceae Juss. de Venezuela. *Pittieria* 41: 70-101.

LEÓN H., W. & B. CHAVARRI. 2006. Anatomía Xilemática del Tallo de Ocho Especies de la Subfamilia Euphorbioideae (Euphorbiaceae). *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* 106: 1-12.

LEÓN H., W. & N. ESPINOZA DE P. 1995. *Descripción Macroscópica y Clave de Identificación de 73 Especies de la Unidad Experimental de la Reserva Forestal de Caparo (Edo. Barinas)*. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. COMODATO ULA_MARNR. Cuaderno de COMODATO Nº 24. Mérida, Venezuela.

LEÓN H., W. & N. ESPINOZA DE P. 2000a. Estudio Anatómico del Leño de Ocho Especies del Género Aniba Aublet (Lauraceae). *Revista Forestal Venezolana* 44: 33-46.

LEÓN H., W. & N. ESPINOZA DE P. 2000b. Estudio Anatómico del Leño de Siete Especies del Género Beilschmiedia Nees (Lauraceae). *Revista Forestal Venezolana* 44: 47-56.

LEÓN H., W. & N. ESPINOZA DE P. 2001. Estudio Anatómico del Leño de 18 Especies del Género Nectandra Rol. ex Rottb. (Lauraceae). *Revista Forestal Venezolana* 45: 33-44.

LEÓN H., W. & L. GARCÍA. 2015. Aplicación de la anatomía de maderas en conservación y restauración de patrimonio cultural. *Revista Forestal Venezolana* 59: 35-45.

MANIERI, C. & J. PERES. 1989. *Fichas de Características das Madeiras Brasileiras*. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Divisáo de Madeiras. Sao Paulo.

METCALFE, C. & L. CHALK. 1950. *Anatomy of Dicotyledons*. Clarendon Press. Oxford.

METCALFE, C. & L. CHALK. 1983. *Anatomy of the Dicotyledons. Vol. II: Wood Structure and Conclusion of the General Introduction*. Clarendon Press. 2nd Edition. Oxford.

MILLER, R. & P. DÉTIENNE. 2001. *Major timbers of Guyana. Wood anatomy*. Tropenbos International. Wageningen. 218 p.

NARDI, R. & M. EDLMANN. 1992. *Legnami tropicali importante in Italia: Anatomia e identificazione*. Volume II: America Latina. Instituto di Assestamento e Tecnologia Forestale. Universitá di Firenze. Firenze. 406 p.

NASSAR, J. M. (s.f.). LA BOTÁNICA COMO HERRAMIENTA DE LA INVESTIGACIÓN CRIMINAL. Obtenido de http://servicio.bc.uc.edu.ve/derecho/revista/relcrim12/12-12.pdf

OMAÑA, S. 1984. *Anatomía de algunas maderas de las Anacardiaceae y Burseraceae*. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ingeniería Forestal. Mérida, Venezuela. 55 p. (Trabajo de grado).

PARRA M., J. 2009. Anatomía del leño e identificación de siete especies de Laurales en San Eusebio (Mérida, Venezuela). *Pittieria* 33: 63-81.

PARRA V., J. 2014. Anatomía del xilema secundario en seis especies de Ficus L. (Moraceae) en la ciudad de Mérida, Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica* 37: 165-176.

PARRA V., J. & L. GÁMEZ. 2012. Determinación de especies arbóreas a través de caracteres vegetativos en la Estación Experimental Caparo, estado Barinas, Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* 56: 135-145.

PÉREZ M., A. 1969. *Estructura anatómica de 37 maderas de la Guayana venezolana y clave para su identificación*. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ingeniería Forestal. Mérida, Venezuela. 122 p. (Trabajo de ascenso).

PÉREZ M., A. 1973. Estructura anatómica de 37 maderas de la Guayana venezolana y clave para su identificación. *Acta Botánica Venezuelica* 8: 9-109.

PEREZ M., A. 1977. *Identificación macroscópica de algunas maderas de la Guayana venezolana*. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ingeniería Forestal. Mérida, Venezuela. 56 p. (Trabajo de ascenso).

PÉREZ M., A.1981. *Clave para la identificación macroscópica de maderas a nivel de familias*. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ingeniería Forestal. Mérida, Venezuela.

PÉREZ M., A.1988. *Identificación anatómica de maderas de Latinoamérica*. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ingeniería Forestal. Mérida, Venezuela. 14 p. (Mimeografiado).

PÉREZ M., A. 1993. Anatomía e identificación de 40 maderas del bosque La Mucuy, estado Mérida. *Pittieria* 20: 5-78.

PÉREZ, D. 1986. *Estudio preliminar de Combretaceae en Venezuela: Taxonomía y anatomía del leño*. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ingeniería Forestal. Mérida, Venezuela. 82 p. (Tesis de grado).

RECORD, S. & R. HESS. 1943. *Timbers of the new world*. Yale University Press.

ROJAS, L. & W. LEÓN H. 2019. Anatomía de la madera de 25 especies de Malvaceae en Venezuela. *Pittieria* (En evaluación).

SEELKOPF, C., F. BASCOPÉ, L. RIVERA & L. RUÍZ T. 1958. Investigación acerca de la posibilidad de obtener pulpa y papel a partir de algunas plantas venezolanas. *Revista Forestal Venezolana* 1: 37-144.

STERN, W. 1988. Index xylariorum. Institutional wood collections of the world 3. *IAWA Bull. n.s.* 9: 203-252.

UZCÁTEGUI, M., S. VALERO & W. LEÓN H. 2019. Densidad seca al aire y características cuantitativas de elementos xilemáticos de conducción en 10 especies de Malvaceae en Venezuela. *Maderas: Ciencia y Tecnología* (En evaluación).

WHEELER, E. & P. BAAS. 1998. Wood Identification. A Review. *IAWA Journal* 19: 241-264.

WILLIAMS, L. 1939. Maderas económicas de Venezuela. Ministerio de Agricultura y Cría. *Boletín Técnico* 2: 1-97.

WILSON, K. & D. WHITE. 1986. *The Anatomy of Wood: its Diversity and Variability*. Stobart & Son LTD. London.

YAHURE, Y. 2014. Identificación de Bignoniaceae de la ciudad de Mérida (Venezuela) a través de la anatomía de la madera. *Pittieria* 38: 121-134.